



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 32 926 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 04 B 7/26
H 04 K 3/00
H 04 B 1/713
H 04 B 7/204
// H 04B 7/212, 7/208

②1 Aktenzeichen: P 44 32 926.1
②2 Anmeldetag: 15. 9. 94
④3 Offenlegungstag: 28. 3. 96

DE 44 32 926 A 1

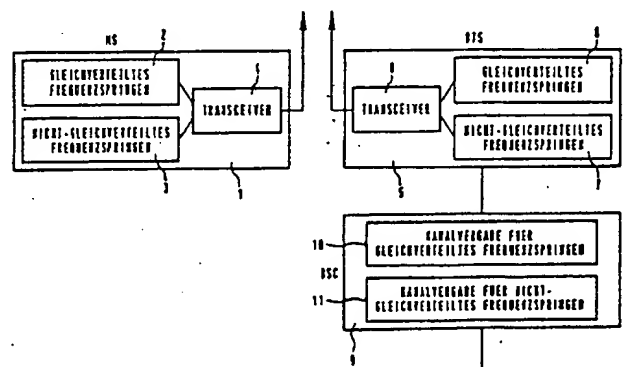
⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Schulz, Egon, Dr.-Ing., 80993 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Mobiles Funknetz

⑤7 Das mobile Funknetz enthält eine Anzahl von Basisstationen in räumlicher Anordnung nach Art eines Zellularsystems und Mobilstationen. Bei dem hierbei verwendeten Frequenzsprungverfahren werden den Mobilstationen und der Basisstation Frequenzlisten übermittelt, die eine oder mehrere Frequenzen doppelt oder mehrfach enthalten.



DE 44 32 926 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein mobiles Funknetz mit einer Anzahl von Basisstationen in räumlicher Anordnung nach Art eines Zellularsystems und mit Mobilstationen, bei dem in den betreffenden Stationen ein Frequenzsprungverfahren implementiert ist.

Das Frequenzsprungverfahren dient dazu, daß die Mobilstationen und die Basisstationen nicht ständig auf einer Frequenz senden und empfangen, sondern während der Verbindung ein Frequenzwechsel erfolgen kann. Dadurch können Gleichkanalstörungen und Nachbarkanalstörungen minimiert und in der Mobilstation bei gleichbleibender Qualität Energie gespart werden. Ferner kann in einem zellularen Mobilfunknetz durch Frequency Hopping der Wiederholungsabstand der Frequenzen reduziert werden.

Ein Beispiel für ein digitales Mobilfunksystem ist das digitale zellulare pan-europäische Mobilfunksystem GSM (Global System for Mobile Communication). Bei diesem System wird das Vielfachzugriffsverfahren TDMA (Time Division Multiple Access) benutzt, wobei die Mobilfunkteilnehmer durch Signalisierungskanäle bzw. Verkehrskanäle, die auf unterschiedlichen oder gleichen Zeitschlitzten eines Zeitmultiplexsystems liegen, unterschieden werden. Die Signalisierungskanäle bzw. Verkehrskanäle bezeichnet man auch als logische Kanäle, weil mehrere Signalisierungskanäle bzw. Verkehrskanäle sich einen Zeitschlitz teilen können. Die Zeitschlitzte werden, im Gegensatz zu den Signalisierungskanälen bzw. Verkehrskanälen, welche logische Kanäle genannt werden, als physikalische Kanäle bezeichnet. Die physikalischen Kanäle stellen das Übertragungsmedium zur Verfügung.

Das GSM ist für den 900 MHz-Bereich (GSM 900) und für den 1800 MHz-Bereich (DCS 1800) standardisiert. Im GSM 900 empfangen die Basisstationen und senden die Mobilstationen (MS) in dem als Unterband bezeichneten Frequenzband von 890 bis 915 MHz; in dem mit Oberband bezeichneten Frequenzband von 935 bis 960 MHz senden die Basisstationen und empfangen die Mobilstationen. Für das DCS 1800 System ist ein Unterband von 1710 bis 1785 MHz vorgesehen, in dem die Mobilstationen senden und die Basisstationen empfangen; in einem Oberband von 1805 bis 1880 MHz senden die Basisstationen und empfangen die Mobilstationen.

Die Frequenzbandbreite eines Trägers (Carrier, Frequenz) im GSM System beträgt 200 kHz, und jeder Träger mit der Bandbreite von 200 kHz ist in acht Zeitschlitzte (timeslots) aufgeteilt. Die acht Zeitschlitzte bilden einen Zeitschlitzrahmen. Ein Zeitschlitz hat eine Dauer von 0,577 ms und ein Zeitschlitzrahmen eine Dauer von 4,616 ms. Das GSM-System ist somit eine Kombination aus dem Vielfachzugriffsverfahren Frequency Division Multiple Access (FDMA) und Time Division Multiple Access (TDMA). Man spricht in diesem Fall von einem FDMA/TDMA-System.

Jedem Mobilfunkteilnehmer im GSM wird für die Übertragung von Daten oder digitalisierter Sprache ein Verkehrskanal (Traffic Channel, TCH) zugewiesen. Für die Übertragung von Signalisierung wie z. B. beim Verbindungsaufbau wird jedem Mobilfunkteilnehmer ein oder mehrere Signalisierungskanäle hintereinander zugewiesen. Einem Mobilfunkteilnehmer kann man gleichzeitig auch ein oder mehrere Verkehrskanäle und ein oder mehrere Signalisierungskanäle zuweisen. Die Verkehrskanäle und die Signalisierungskanäle bilden die Gruppe der logischen Kanäle, da diese Kanäle eine logische Funktion haben. Die Zeitschlitzte bilden die Gruppe der physikalischen Kanäle, da sie die Physik zum Transport der Bitströme zur Verfügung stellen. Verkehrskanäle können Sprachdatenkanäle oder Datenkanäle sein, wobei ein oder mehrere Datenkanäle oder ein oder mehrere Sprachdatenkanäle oder gleichzeitig Daten- und Sprachdatenkanäle einem Zeitschlitz eines Trägers zugeordnet sein können. Ferner besteht auch die Möglichkeit, Kombinationen aus Verkehrskanälen und Signalisierungskanälen einem Zeitschlitz zuzuordnen.

Im GSM System wird neben der festen Zuordnung der Kanäle, beispielsweise der Daten-, Sprach- oder Kontrollkanäle, zu einer festen Frequenz und einem Zeitschlitz TN innerhalb eines Zeitschlitzrahmens T auch das Frequenzsprungverfahren (Frequency Hopping) angewendet. Der Vorteil des Frequenzsprungverfahrens liegt darin, daß sich die Qualität, z. B. die Bitfehlerrate des Übertragungskanals, für langsame bewegende Mobilstationen gegenüber einer festen Zuordnung verbessert. Beim Frequenzsprungverfahren kann der Kanal von einem Zeitschlitzrahmen T zu einem anderen Zeitschlitzrahmen T auf einer anderen Frequenz liegen; dabei bleibt aber die zugewiesene Zeitschlitznummer TN erhalten. Da die Frequenz sich nicht bitweise ändert, sondern nur von Zeitschlitzrahmen T zu Zeitschlitzrahmen T ändern kann, spricht man in diesem Fall von einem langsamen Frequenzsprungverfahren.

Bei Anwendung des Frequenzsprungverfahrens gibt die Basis-Steuereinheit BSC vor, über welche Frequenzen und in welcher Reihenfolge nach einem Frequenzsprungverfahren gesprungen werden soll. In Fig. 1 ist das Frequenzsprungverfahren für einen Kanal, der dem Zeitschlitz TN2 zugeordnet ist und über vier Frequenzen springen kann, für acht hintereinanderfolgende Zeitschlitzrahmen T dargestellt. Die vier Frequenzen lauten: F1, F2, F3 und F4. Im Zeitschlitzrahmen N liegt der Zeitschlitz TN2 auf der Frequenz F3, im Zeitschlitzrahmen N+1 auf der Frequenz F2, danach auf der Frequenz F1, anschließend wieder auf F1, dann im Zeitschlitzrahmen N+4 auf F2, dann auf F4, dann auf F3 und dann wieder auf F4. Dies entspricht einem zufälligen Springen über die in der Frequenzliste enthaltenen Frequenzen F1, F2, F3, F4 und man spricht hierbei von einem zufälligen Springen, im Gegensatz zu einem zyklischen Springen, bei dem die Frequenzliste periodisch abgearbeitet wird.

Die Sprungfolge wird im GSM System durch den sogenannten Frequency Hopping Sequence Algorithmus vorgegeben. Dieser Algorithmus ist ein pseudo zufälliger Prozeß. Mit der Angabe von Startbedingungen läßt sich die Frequenzsprungfolge generieren. Man kann mit diesem Algorithmus vorgeben, wie gesprungen werden soll. Es besteht die Möglichkeit, zyklisch oder zufällig (pseudo zufällig, wie zum Beispiel in Fig. 1 dargestellt) über die vorgegebenen Frequenzen zu springen. Der im GSM System implementierte Frequenzsprungalgorithmus entspricht einem gleichverteilten Zufallsprozeß, d. h., die am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen werden gleich häufig benutzt.

Zyklisch bedeutet hierbei, daß bei Vorgabe einer Frequenzliste diese der Reihe nach abgearbeitet wird. In Fig. 2 ist ein Beispiel für ein zyklisches Springen dargestellt, bei dem einem Teilnehmer ein auf dem Zeitschlitz TN2 liegender Kanal zugeordnet worden ist und die Frequenzliste F4, F1, F2 und F3 lautet. Die Sprungfolge für acht hintereinanderfolgende zeitschlitzrahmen T für das zyklische Springen ist dann wie folgt: Im Zeitschlitzrahmen N liegt der Zeitschlitz TN2 auf der Frequenz F4, im Zeitschlitzrahmen N + 1 auf der Frequenz F1, danach auf der Frequenz F2, dann auf F3, dann auf wieder F4, usw. Beim zyklischen Sprungverfahren wird über die vorgegebene Frequenzliste bzw. Frequenztabelle gesprungen. Fig. 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der an dem Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen in einem Diagramm. Es handelt sich dabei, wie bereits oben erwähnt, um eine Gleichverteilung der Frequenzen F1, F2, F3 und F4.

Durch dieses Verfahren wird sowohl beim zyklischen oder periodischen als auch beim pseudo zufälligen Frequenz springen erreicht, daß alle Frequenzen der vorgegebenen Frequenzsprungliste während einer Verbindung gleich häufig benutzt werden. Man spricht in diesem Fall von einer Gleichverteilung der Frequenzen oder es wird gleichverteilt über die vorgegebenen Frequenzen der Frequenzliste gesprungen. Gleichverteilt bedeutet: wenn eine Liste n Frequenzen enthält, dann ist im Mittel während einer Verbindung die Wahrscheinlichkeit $1/n$ für das Auftreten einer Frequenz beim Frequenzsprungverfahren oder der zugewiesene Kanal befindet sich $1/n$ auf einer Frequenz der vorgegebenen Frequenzliste. Die Frequenzlisten lassen sich durch das Operation und Maintenance Center (OMC) einstellen und daher vom Betreiber eines zellularen Mobilfunknetzes vorgeben. Es läßt sich unter anderem für jeden Zeitschlitz eine andere Frequenzliste angeben und außerdem können für einen Zeitschlitz mehrere Frequenzlisten existieren, die zum Beispiel zu unterschiedlichen Zeitpunkten automatisch oder manuell eingestellt werden oder abhängig vom Verkehr variiert beziehungsweise ein- und ausgeschaltet werden.

Der Nachteil des Frequenzsprungverfahrens im GSM System ist, daß es nur möglich ist, gleichverteilt über die in einer Frequenzliste vorgegebenen Frequenzen zu springen. Die Gleichverteilung hinsichtlich der am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen wird durch den Zufallsgenerator, den sogenannten Frequenzsprung-Algorithmus generiert. Somit existiert im GSM System immer, unabhängig davon, ob zyklisch oder zufällig über Frequenzen gesprungen wird, eine Gleichverteilung der am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen.

Im GSM System ist sowohl in der Mobile Station als auch in der Base Station der Frequency Hopping Algorithmus implementiert. Durch die Übermittlung von Parameter zur Base Station und zur Mobile Station gibt der Base Station Controller bekannt, über welche Frequenzen in welcher Reihenfolge gesprungen werden soll, wann mit dem Springen gestartet wird, und ob es sich um ein zyklisches oder zufälliges Springen handelt. Beim zufälligen Frequenzspringen handelt es sich natürlich beim GSM System um ein gleichverteiltes Springen. Die übertragenden Parameter können zum Beispiel sein: Zeitschlitz, Frequenzliste, Zeitschlitzrahmennummer für den Start des Springens, Anfangsbedingungen des Frequenzsprungalgorithmus, ob zyklisch oder zufällig gesprungen werden soll, usw.

Die Übermittlung der Frequenzliste an die Mobile Station wird im GSM System auf mehreren Arten durchgeführt. Bei der ersten Methode wird eine Bit Mapping Message übertragen. Hierbei handelt es sich um ein Bitmuster oder Bit-Feld, wobei das Bit den Wert Eins hat, falls die dem Feld zugeordnete Frequenz in der Frequenzsprungliste enthalten ist. Gemäß der anderen Methode wird die Frequenzliste durch eine absolute Zahl dargestellt und alle zur Frequenzliste gehörenden Frequenzen werden relativ zu dieser absoluten Frequenznummer dargestellt. Nebenbedingung ist dabei, daß der relative Wert nicht Null und keine Frequenz doppelt oder mehrfach in der Liste enthalten sein darf. Durch diese Übertragungsmechanismen ist es nicht möglich, eine Frequenzsprungliste zu erstellen bzw. zu übertragen, die Frequenzen doppelt oder mehrfach enthalten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein mobiles Funknetz der eingangs genannten Art eine Lösung anzugeben zur Vermeidung der beim Frequenzsprungverfahren mit gleichverteiltem Springen über Frequenzen vorhandenen Nachteile.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch an die am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Mobilstationen und die Basisstation übermittelte Frequenzlisten, die eine oder mehrere Frequenzen doppelt oder mehrfach enthalten.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Ausgestaltung besteht darin, daß die beim Mobilfunk frequenzselektiven Übertragungsbedingungen in entsprechender Form; berücksichtigt werden können. Frequenzselektiv bedeutet, daß die Übertragungsqualität auf der einen Frequenz besser ist als auf einer anderen. Mit einem Frequenzsprungverfahren, das keine Gleichverteilung der teilnehmenden Frequenzen aufweist, ergibt sich eine insgesamt bessere Übertragungsqualität gegenüber einer Gleichverteilung der teilnehmenden Frequenzen, indem man eine oder mehrere Frequenzen, die für ein gewisses Gebiet gute Übertragungseigenschaften beziehungsweise Übertragungsqualitäten aufweisen, häufiger am Frequenzsprungverfahren teilnehmen läßt.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, bei der Frequenzplanung eines Mobilfunknetzes das Frequenzsprungverfahren mit nicht gleichverteilten Frequenzen zu benutzen. Dies kann in der Form durchgeführt werden, daß man eine oder mehrere Frequenzen F einer vorgegebenen Frequenzmenge in einer oder in mehreren Zellen eine große Auftretenswahrscheinlichkeit (Häufigkeit) und in einer anderen Zelle oder anderen Zellen, die auch benachbart sein können, eine geringere Auftretenswahrscheinlichkeit (Häufigkeit) von Frequenzen zuordnet. Durch diese Planung kann man erreichen, daß die gegenseitigen Störungen (Gleichkanalstörungen) oder Kollisionen kleiner werden gegenüber einem Frequenzsprungverfahren mit gleichverteilten Frequenzen.

Durch die Vorgaben von Frequenzlisten, die eine oder mehrere Frequenzen doppelt oder mehrfach enthalten, besteht die Möglichkeit, unter Ausnutzung des zyklischen Springens jede beliebige Verteilung der an dem Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen zu generieren. Die Übertragung der entsprechend gestalteten Frequenzlisten mit doppelt oder mehrfach enthaltenen Frequenzen läßt sich dadurch durchführen, daß man die Frequenzen als absolute Frequenzen übermittelt. Eine andere Variante besteht darin, eine absolute

Frequenz anzugeben und die anderen Frequenzen der Frequenzliste relativ dazu zu berechnen, wobei auch der relative Wert Null oder andere relative Werte mehrmals in der Frequenzliste enthalten sein können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In einem ersten Ausführungsbeispiel stehen für das Frequenzsprungverfahren die Frequenzen F1, F2, F3 und F4 zur Verfügung. Die Frequenzen sollen während einer Verbindung mit den folgenden Wahrscheinlichkeiten auftreten: Die Frequenz F1 mit der Wahrscheinlichkeit 1/2, Frequenz F2 mit der Wahrscheinlichkeit 1/6,

Frequenz F3 mit 1/6 und Frequenz F4 mit 1/6. Das ergäbe z. B. die folgende Frequenzliste:

F1, F2, F1, F3, F1, F4 die an die Mobile Station und Base Station übertragen wird. Den in Mobile Station und Base Station implementierten Frequenzsprungalgorithmen wird mitgeteilt, daß sie zyklisch springen sollen. Hierbei wird eine Gleichverteilung bezüglich der Frequenzen F2, F3 und F4 erzeugt, wobei diese Frequenzen mit der Häufigkeit 1/6 auftreten; die Frequenz F1 tritt mit der Wahrscheinlichkeit von 50% auf. In Fig. 3 ist für diese Frequenzliste das Frequenzsprungverfahren für einen Kanal, der dem Zeitschlitz TN2 zugeordnet ist, für acht aufeinanderfolgende Zeitschlitzrahmen dargestellt. Im Zeitschlitzrahmen N liegt der Zeitschlitz TN2 auf der Frequenz F1, im Zeitschlitzrahmen N + 1 auf der Frequenz F2, danach wieder auf F1, im Zeitschlitzrahmen N + 3 auf F3, anschließend wieder auf F1, danach auf F4, usw. Fig. 5 zeigt in einem Diagramm die Häufigkeitsverteilung der in der Frequenzliste enthaltenen Frequenzen F1, F2, F3 und F4.

Bei einer Frequenzliste aus den Frequenzen F1, F2, F3, F4 und F5 soll über die folgende Frequenzliste F1, F2, F1, F3, F1, F4, F1, F3, F1, F2, F1, F5 zyklisch gesprungen werden. Damit erhalten die Frequenzen F die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Auftretenswahrscheinlichkeiten $p(F)$ während des Frequenzsprungverfahrens:

Frequenz F	F4	F3	F2	F1	F5
Häufigkeit $p(F)$	1/12	2/12	2/12	6/12	1/12

Hiermit wird annähernd eine Gaußverteilung der am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Frequenzen generiert. Die Häufigkeitsverteilung der Frequenzen F1, F2, F3, F4 und F5 ist in Fig. 6 dargestellt, wobei zur Veranschaulichung in die Häufigkeitsverteilung die Kurve einer Gaußverteilung skizziert ist.

Als weiteres Beispiel wird ein Frequenzspringen mit den Frequenzen F1, F2, F3, F4, und F5 betrachtet. Hierbei sollen die Frequenzen mit einer Häufigkeit entsprechend einer Rayleigh-Verteilung vorkommen. Eine geeignete Frequenzliste wäre in diesem Fall: F3, F2, F1, F3, F4, F1, F5, F1, F3, F4, F1, über die periodisch gesprungen wird. Die Häufigkeitsverteilung der teilnehmenden Frequenzen am Frequenzsprungverfahren ist in Fig. 7 dargestellt.

Durch die Mitteilung von Frequenzlisten, die eine oder mehrere Frequenzen doppelt oder mehrfach enthalten, und durch Vorgabe der Parameter des im GSM System spezifizierten Hopping Sequence Algorithmus besteht die Möglichkeit, annähernd jede beliebige Verteilung der Frequenzen, die am Frequenzsprungverfahren teilnehmen, zu generieren. Damit besteht ferner die Möglichkeit, dies bei der Frequenzplanung eines Netzwerkes zu berücksichtigen, indem man über sogenannte "gute" Frequenzen einer Zelle häufiger springt (große Auftretenswahrscheinlichkeit) und über weniger "gute" Frequenzen nicht so häufig springt (kleine Auftretenswahrscheinlichkeit). Dadurch läßt sich die Qualität im Netz verbessern.

Durch Frequency Hopping läßt sich aber auch z. B. der Wiederholungsabstand der Frequenzen reduzieren und damit auch in einem zellularen Mobilfunksystem die Kapazität bei gleicher Anzahl von Frequenzen erhöhen. Bei einer nicht gleichverteilten Sprungfolge ist dabei, im Gegensatz zur einer gleichverteilten, die Kollisionshäufigkeit geringer. Durch eine geringere Kollisionswahrscheinlichkeit wird auch die Qualität eines zellularen Mobilfunknetzes verbessert. Unter der Kollisionshäufigkeit ist die Häufigkeit zu verstehen, daß sich zwei oder mehrere Teilnehmer zu einem bestimmten Zeitpunkt in benachbarten oder verschiedenen Zellen auf der gleichen Frequenz befinden und sich gegenseitig stören.

Bei der Frequenzplanung eines zellularen Mobilfunksystems wird der gesamte zur Verfügung stehende Frequenzvorrat auf ein Cluster verteilt. Ein Cluster ist eine Gruppe von Zellen, wobei jede Frequenz innerhalb eines Clusters nur einmal verteilt wird. Ein zellulares Mobilfunksystem besteht somit aus einer Aneinanderreihung von Cluster, wobei jedes Cluster aus einer gewissen Anzahl von Zellen besteht. Jeder Zelle ist eine Basisstation zugeordnet, welche bestimmte Frequenzen aus dem Frequenzvorrat zugewiesen werden.

Frequency Hopping kann bei der Netzplanung unter verschiedenen Gesichtspunkten berücksichtigt werden. Einerseits besteht die Möglichkeit Frequency Hopping zur Minimierung von Gleichkanalstörungen bzw. von Kollisionshäufigkeiten einzusetzen, dann muß man die Frequenzen, über die in der Zelle gesprungen werden soll, vorhalten. Das Vorhalten der Frequenzen erfordert einen großen Frequenzvorrat. Andererseits läßt sich der Wiederholungsabstand von Frequenzen reduzieren, was zu einer Kapazitätserhöhung bei gleichbleibender Qualität beziehungsweise Kollisionshäufigkeit oder Gleichkanalstörungen beiträgt. Dabei werden die Gleichkanalstörungen beziehungsweise Kollisionshäufigkeiten bei nicht gleichverteilten Auftretenswahrscheinlichkeiten der Frequenzen einer Frequenzfolge geringer sein als bei einer gleichverteilten Auftretenswahrscheinlichkeit der Frequenzen einer Frequenzsprungfolge. Durch die Verringerung des Wiederholungsabstandes wird die Kapazität des Netzwerkes erhöht. Dieser Sachverhalt soll nachfolgend an einigen Beispielen erläutert werden.

In Fig. 8 ist ein Cluster aus 3 Zellen (3er Cluster) dargestellt, wobei der Frequenzvorrat aus den 3 Frequenzen F1, F2 und F3 besteht. Jede Zelle erhält eine Frequenz: Zelle 1 die Frequenz F1, Zelle 2 die Frequenz F2 und Zelle

3 die Frequenz F3. Jede Frequenz F jeder Zelle hat somit die Auftretenswahrscheinlichkeit $p(F)=1$, dies bedeutet, daß nicht gesprungen wird. Das 3er Cluster läßt sich bei gleichbleibenden Frequenzvorrat, unter Ausnutzung von Frequency Hopping, zu einem 4er Cluster (Fig. 9) erweitern, indem zum Beispiel in der vierten Zelle über die drei Frequenzen F1, F2 und F3 springt. In der Zelle 4 tritt somit bei einer gleichverteilten Sprungfolge während einer Verbindung jede Frequenz mit der Wahrscheinlichkeit $1/3$ auf. Demzufolge wird jede Frequenz im Cluster, also die Frequenzen F1, F2 und F3, bei einer gleichverteilten Sprungfolge im Mittel zu $1/3$ gestört. Eine andere Möglichkeit zur Erweiterung der Kapazität besteht darin, daß man in jeder Zelle über alle drei Frequenzen springt. Dieses ist in Fig. 10 dargestellt. Dadurch werden, da gleichverteilt gesprungen wird, je zwei Teilnehmer in unterschiedlichen Zellen im Mittel zu einem $1/9$ gestört: zum Beispiel ein Teilnehmer in Zelle 1 und ein Teilnehmer in Zelle 2 haben die Kollisionswahrscheinlichkeit $1/9$; 3 Teilnehmer werden dann im Mittel zu $1/27$ gestört.

Im Falle einer nicht gleichverteilten Frequenzsprungfolge fallen die Störungen im Mittel günstiger aus. In der folgenden Tabelle sind die Häufigkeitsverteilungen $p(F)$ der Frequenzen F1, F2 und F3 der einzelnen Zellen eingetragen.

Frequenz F	Zelle 1	Zelle 2	Zelle 3	Zelle 4
p(F1)	1/2	1/4	1/4	1/3
p(F2)	1/4	1/2	1/4	1/3
p(F3)	1/4	1/4	1/2	1/3

Die hierzu gehörende Darstellung von Fig. 11 zeigt, daß die Frequenz F1 in Zelle 1 die Auftretenswahrscheinlichkeit $p(F1)=1/2$, die Frequenz F2 in Zelle 1 die Auftretenswahrscheinlichkeit $p(F2)=1/4$ und die Frequenz F3 in Zelle 1 die Auftretenswahrscheinlichkeit $p(F3)=1/4$. Eine Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit für zwei Teilnehmer beträgt im Mittel $1/10$. Für den Fall, daß sich 3 Teilnehmer in unterschiedlichen Zellen gleichzeitig stören beträgt $1/29$. An diesem einfachen Beispiel wird deutlich, daß sich das nicht gleichverteilte Springen über Frequenzen hinsichtlich Störungen günstiger auswirkt als eine gleichverteilte Frequenzsprungfolge.

Ein weiterer Vorteil von Frequency Hopping besteht darin, daß wie im letzten Beispiel deutlich gezeigt wurde, im Falle des Zulassens einer gewissen Kollisionshäufigkeit auf die Frequenzplanung im Prinzip verzichtet werden kann. Beim nicht gleichverteilten Springen über Frequenzen fallen dabei die Kollisionshäufigkeiten gegenüber dem gleichverteilten günstiger aus.

Die genannten Vorteile für einen kleinen Frequenzvorrat sind bei einem größeren Frequenzvorrat günstiger. Dies wird an dem nachfolgenden Beispiel gezeigt.

Es wird ein Cluster aus sieben Zellen mit dem Frequenzvorrat F1, F2, F3, F4, F5 und F6 betrachtet. Hierbei ist gemäß der Darstellung nach Fig. 12 den Zellen 1 bis 6 jeweils eine Frequenz zugeordnet. In der Zelle 7 wird über die Frequenzliste F1, F2, F3, F4, F5 und F6 gleichverteilt gesprungen. Somit wird jede Frequenz zu einem $1/6$ gestört. Wird in den Zellen 1 bis 7 gleichverteilt über den gesamten Frequenzvorrat von F1, F2, F3, F4, F5 und F6 gesprungen, ergibt sich für zwei Teilnehmern, die sich in verschiedenen Zellen befinden, im Mittel eine Störwahrscheinlichkeit bzw. Kollisionshäufigkeit von $1/36$ und bei drei Teilnehmern, die sich in drei verschiedenen Zellen aufhalten und ein Gespräch führen, eine von $1/216$.

In Fig. 13 ist ein entsprechendes Cluster aus sieben Zellen mit dem Frequenzvorrat F1, F2, F3, F4, F5 und F6 für ein nicht gleichverteiltes Springen dargestellt. Die Häufigkeitsverteilungen $p(F)$ der sechs Frequenzen F1, F2, F3, F4, F5 und F6 sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Fre- quenz	Zelle 1	Zelle 2	Zelle 3	Zelle 4	Zelle 5	Zelle 6	Zelle 7
p(F1)	1/2	2/12	1/12	1/12	1/12	1/12	2/12
p(F2)	1/12	1/2	2/12	1/12	1/12	1/12	2/12
p(F3)	1/12	1/12	1/2	2/12	1/12	1/12	2/12
p(F4)	1/12	1/12	1/12	1/2	2/12	1/12	2/12
p(F5)	1/12	1/12	1/12	1/12	1/2	2/12	2/12
p(F6)	2/12	1/12	1/12	1/12	1/12	1/2	2/12

Mit den angegebenen Werten resultiert für zwei Teilnehmern im Mittel eine Störwahrscheinlichkeit von $1/40$ und bei drei Teilnehmern eine von $1/332$. Dieses Beispiel zeigt, daß bei einer höheren Anzahl von Frequenzen über die gesprungen wird, im Falle einer nicht gleichverteilten Frequenzsprungfolge die Kollisionshäufigkeiten

geringer ausfallen als im Falle einer gleichverteilten Frequenzsprungfolge.

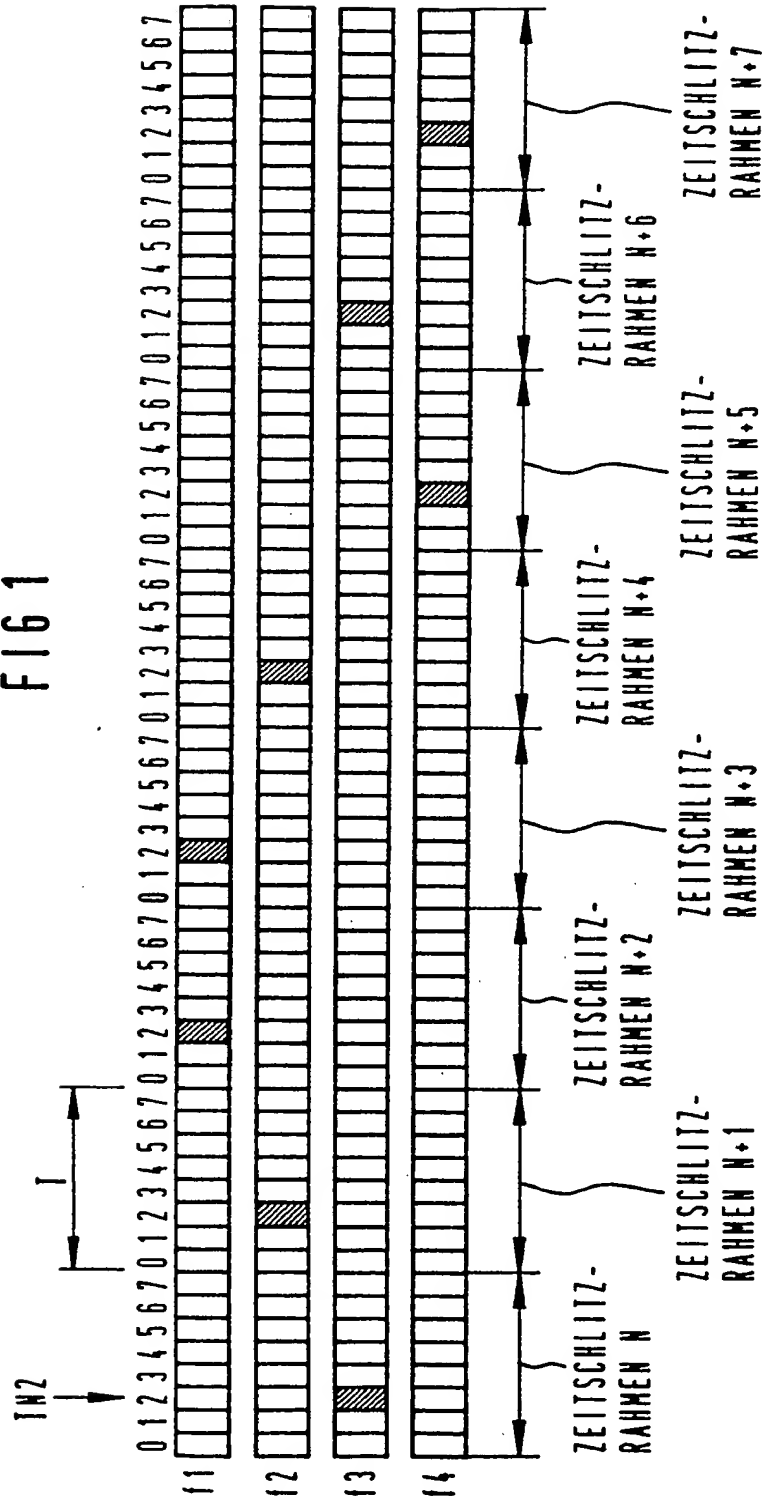
Fig. 14 zeigt in einem Blockschaltbild eine Anordnung mit einer Mobilstation (MS) und einer Basisstation (BTS-Base Transceiver Station), die zwischen gleichverteiltem und nicht gleichverteiltem Frequenzspringen unterscheiden. Hierzu sind in der Mobilstation (MS) 1 und der Basisstation (BTS) 5, die an einen Base Station Controller 9 (BSC) angeschlossen ist, jeweils eine Einheit 2, 3 bzw. 6, 7 für gleichverteiltes Frequenzspringen und für nicht gleichverteiltes Frequenzspringen angeordnet und mit dem Sender/Empfänger 4, 8 (Transceiver) der jeweiligen Station verbunden. Die BSC 9 enthält eine Einheit 10 Kanalvorgabe für gleichverteiltes Frequenzspringen und eine Einheit 11 Kanalvorgabe für nicht gleichverteiltes Frequenzspringen. Die Kanalvorgaben werden an die Basisstation 5 und die Mobilstation 1 übertragen, in denen dann die entsprechende Anschaltung der Einheiten 2, 6 bzw. 3, 7 für gleichverteiltes Frequenzspringen bzw. nicht gleichverteiltes Frequenzspringen an den Transceiver 4 bzw. 8 erfolgt. Diese Möglichkeit der Unterscheidung von gleichverteiltem und nicht gleichverteiltem Frequenzspringen hat den Vorteil, daß das nicht gleichverteilte Frequenzspringen in ein bestehendes System mit gleichverteiltem Frequenzspringen integriert werden kann.

Patentansprüche

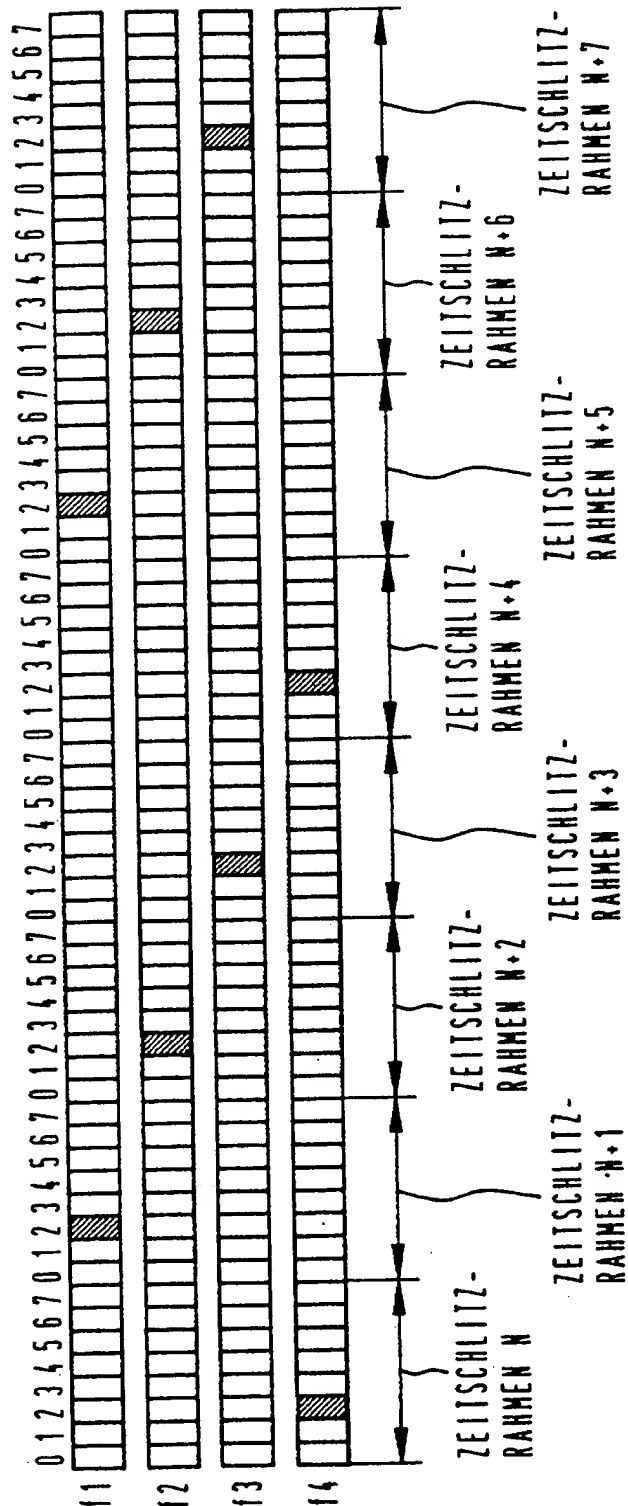
1. Mobiles Funknetz mit einer Anzahl von Basisstationen in räumlicher Anordnung nach Art eines Zellularsystems und mit Mobilstationen, bei dem ein Frequenzsprungverfahren implementiert ist, **gekennzeichnet durch** an die am Frequenzsprungverfahren teilnehmenden Mobilstationen und der Basisstation übermittelte Frequenzlisten, die eine oder mehrere Frequenzen mehrfach enthalten.
2. Mobiles Funknetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzen der Frequenzliste als absolute Frequenzen übermittelt werden.
3. Mobiles Funknetz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Übermittlung der Frequenzliste in der Weise erfolgt, daß eine absolute Frequenz angegeben wird und die anderen Frequenzen der Frequenzliste relativ dazu berechnet werden.
4. Mobiles Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzliste in der betreffenden Station periodisch abgearbeitet wird.
5. Mobiles Funknetz nach Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzliste in der betreffenden Station nach einem Algorithmus abgearbeitet wird, der eine bestimmte Verteilung erzeugt.
6. Mobiles Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Frequenzen, die einem Zelle zugeordnet sind und am Frequenzsprungverfahren teilnehmen, mit unterschiedlichen Häufigkeiten vorkommen.
7. Mobiles Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in benachbarten Zellen gleiche Frequenzen, die am Frequenzsprungverfahren teilnehmen, mit unterschiedlichen Häufigkeiten auftreten.
8. Mobiles Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in Zellen unterschiedliche Frequenzsprungverfahren existieren und die Frequenzliste einer Zelle so aufgespalten ist, daß über die eine Menge gleichverteilt ist, über die andere nicht gleichverteilt gesprungen wird und/oder über eine weitere Menge nicht gesprungen wird.
9. Mobiles Funknetz nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in benachbarten Zellen unterschiedliche Frequenzsprungverfahren vorgesehen sind derart, daß in der einen gleichverteilt, in der anderen nicht gleichverteilt gesprungen wird und in einer weiteren kein Frequenzspringen angewendet wird.
10. Anordnung durch Durchführung des Frequenzspringens innerhalb eines mobilen Funknetzes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in Mobilstation und Basisstation jeweils eine Vorrichtung angeordnet ist zur Unterscheidung zwischen gleichverteiltem und nicht gleichverteiltem Frequenzspringen.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

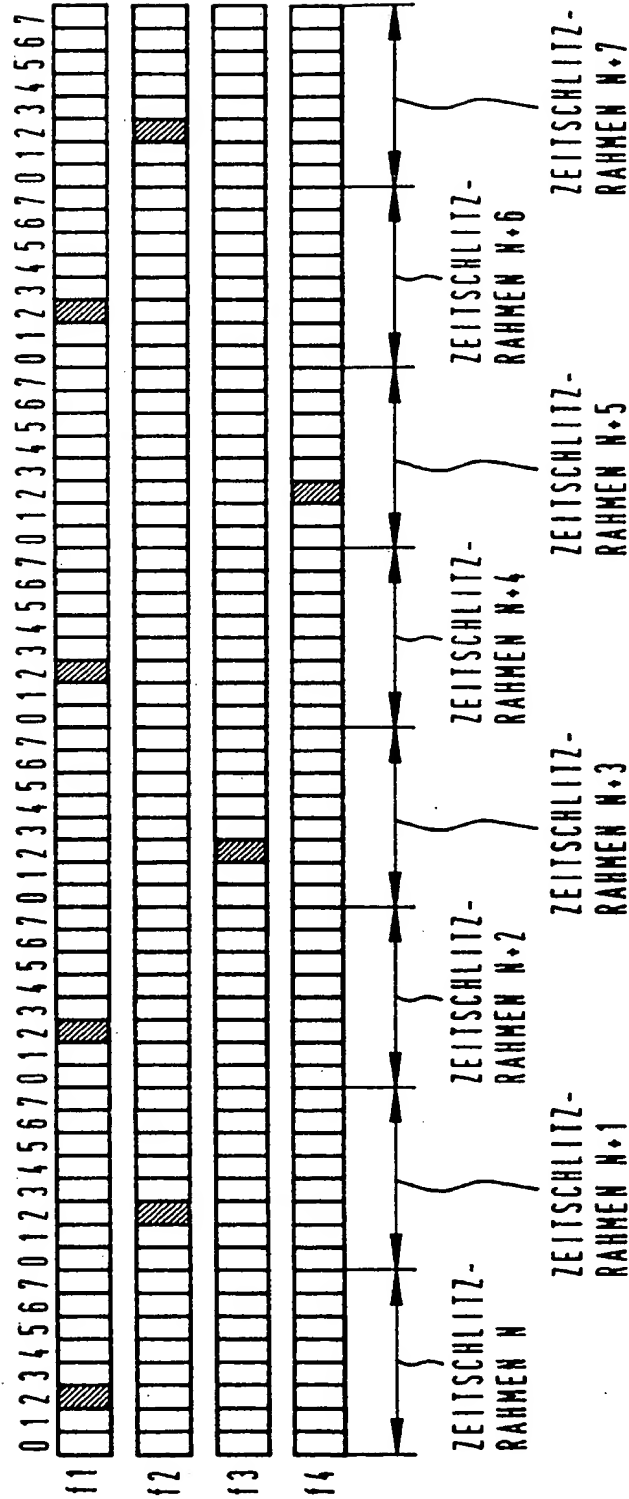
F16 1

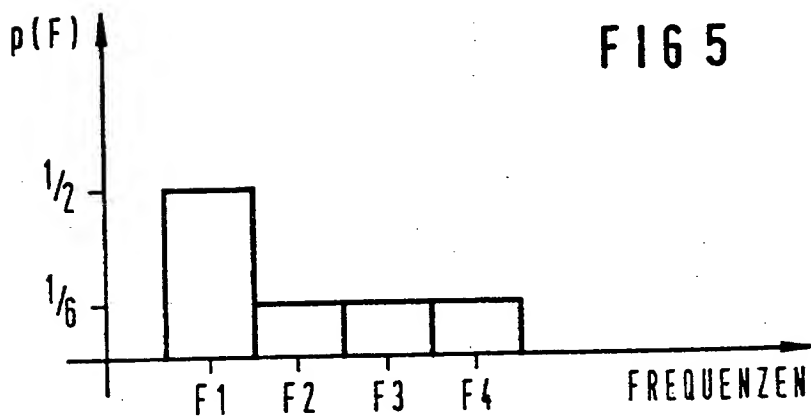
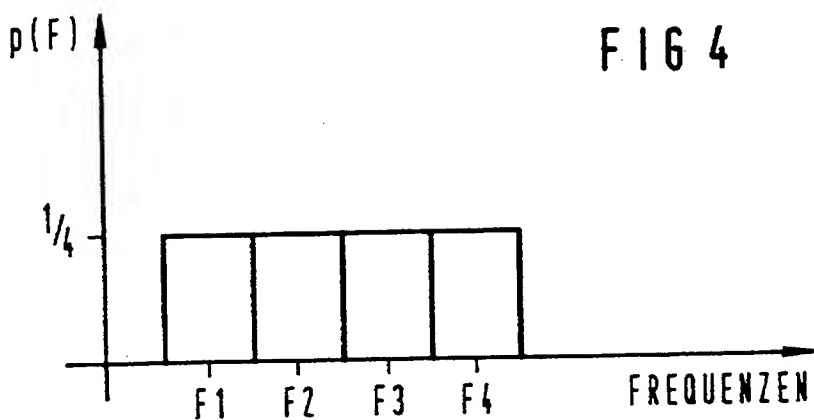


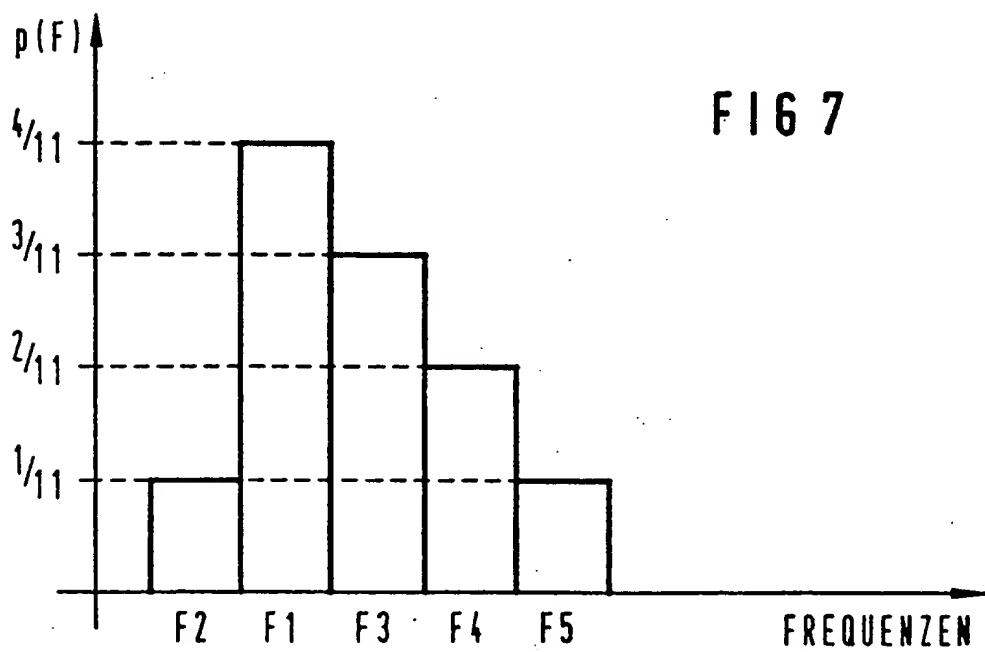
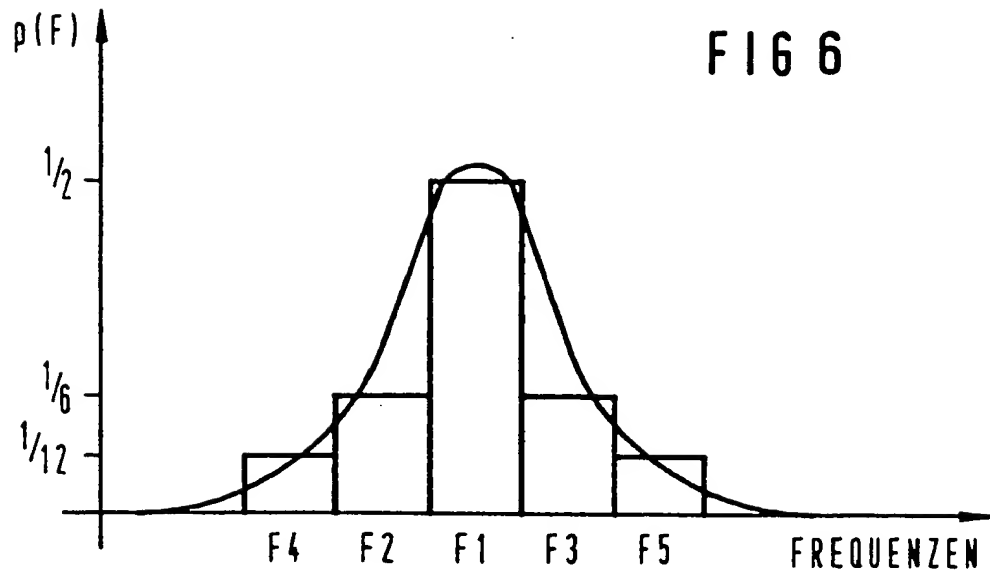
F162



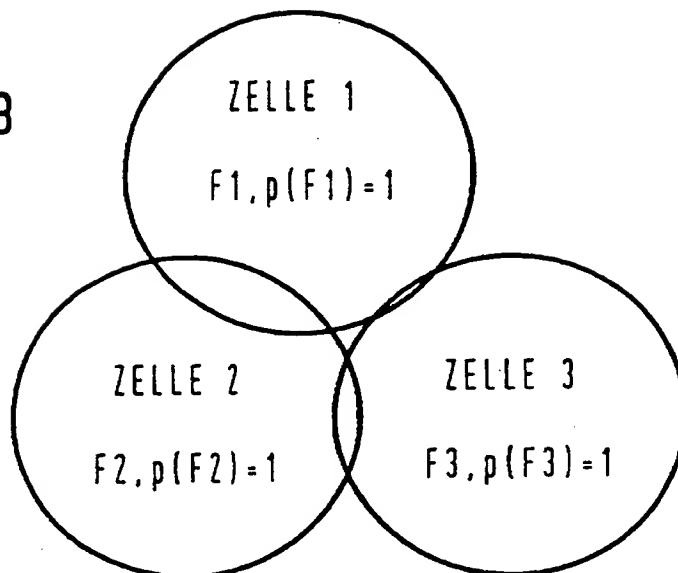
F163







F 16 8



F 16 9

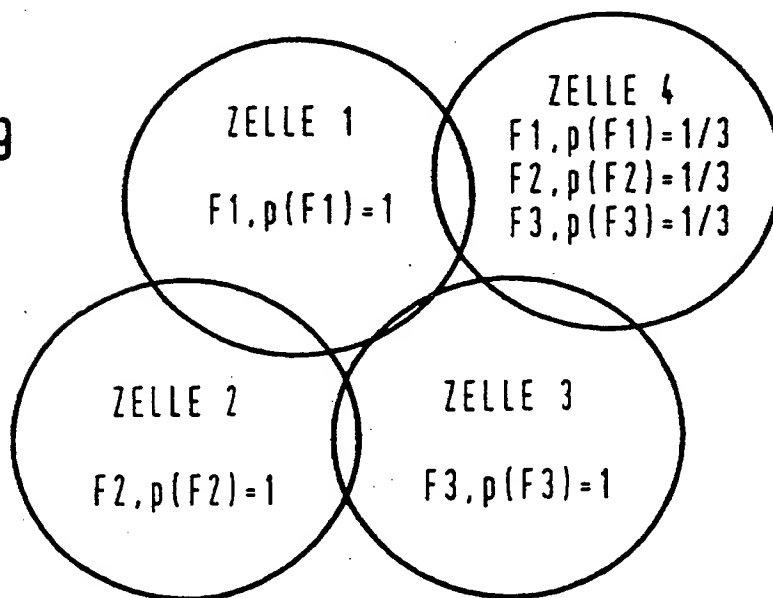


FIG 10

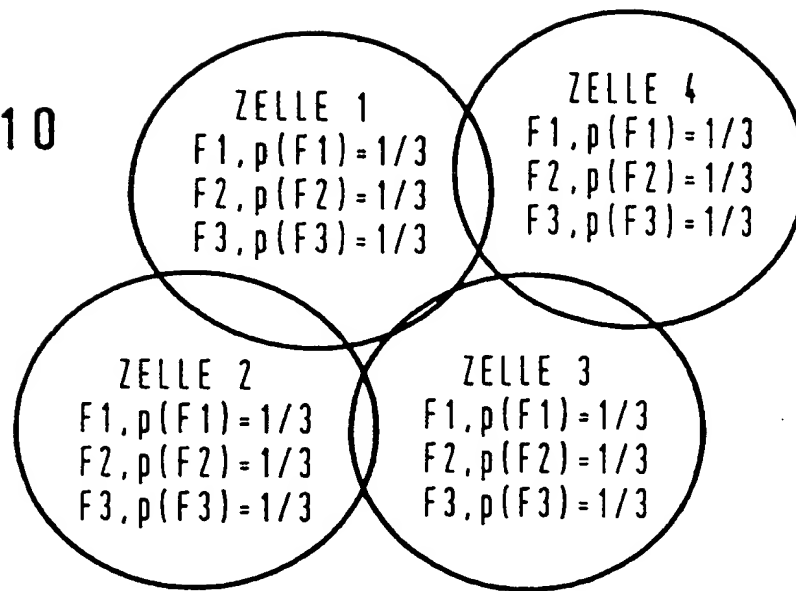
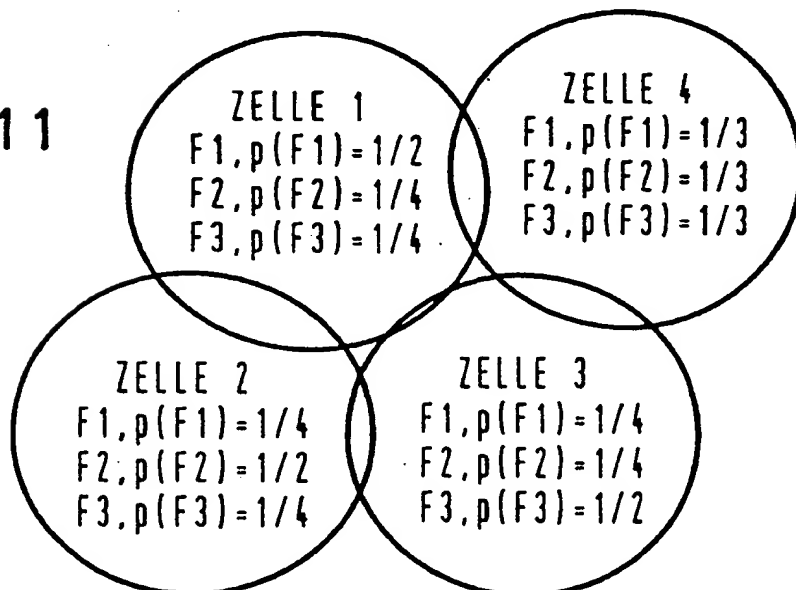


FIG 11



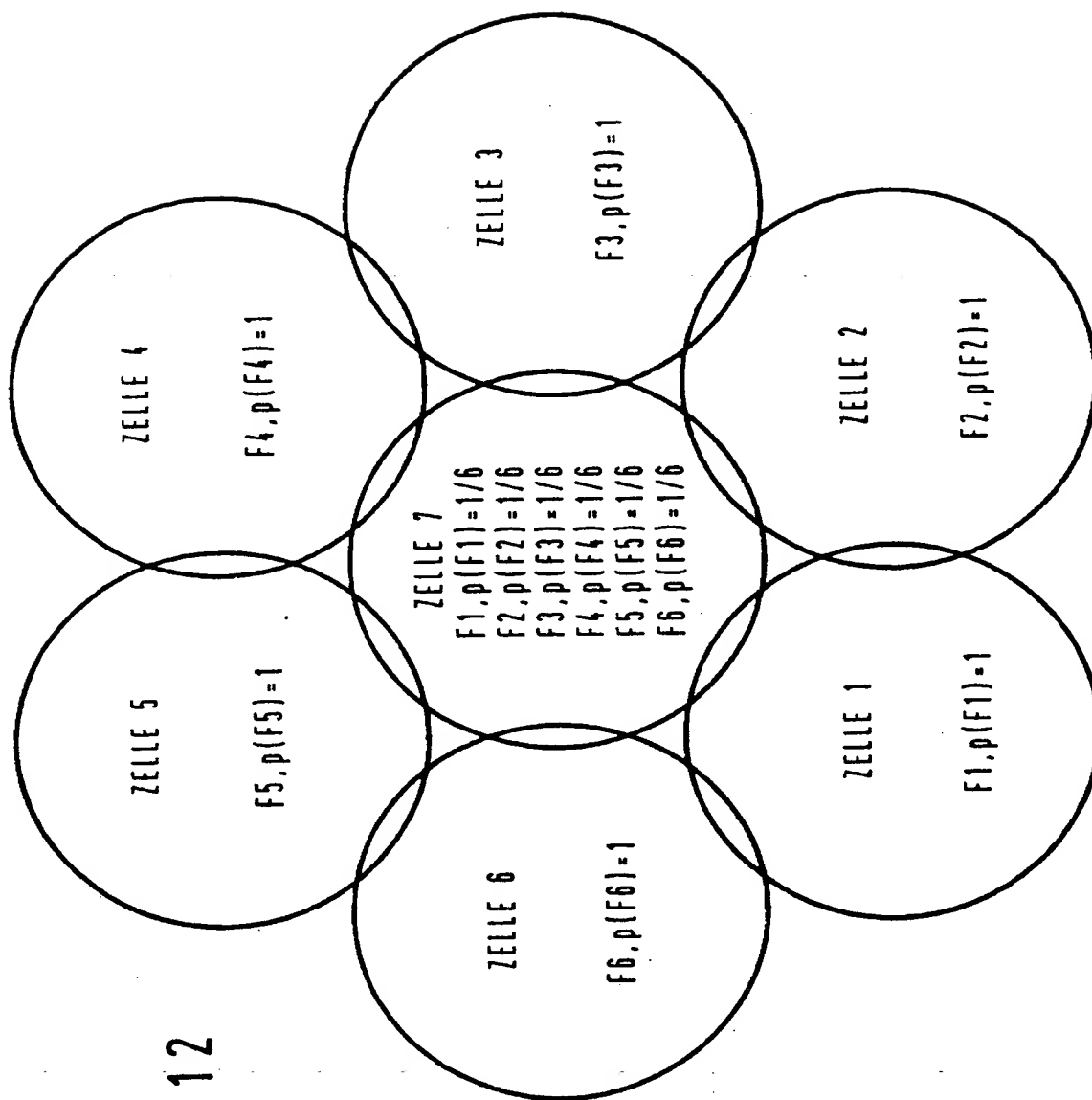
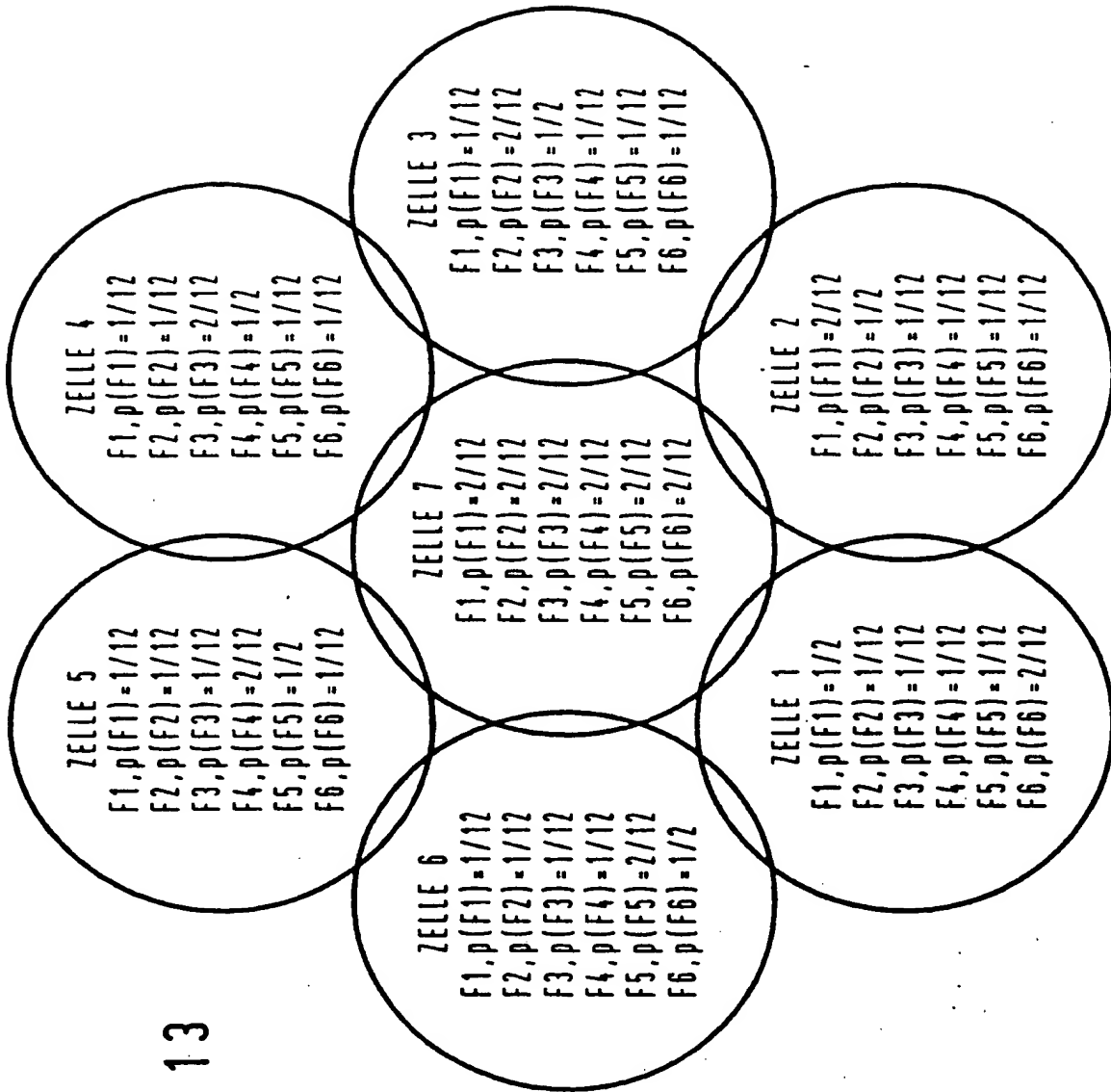


FIG 12



F1613

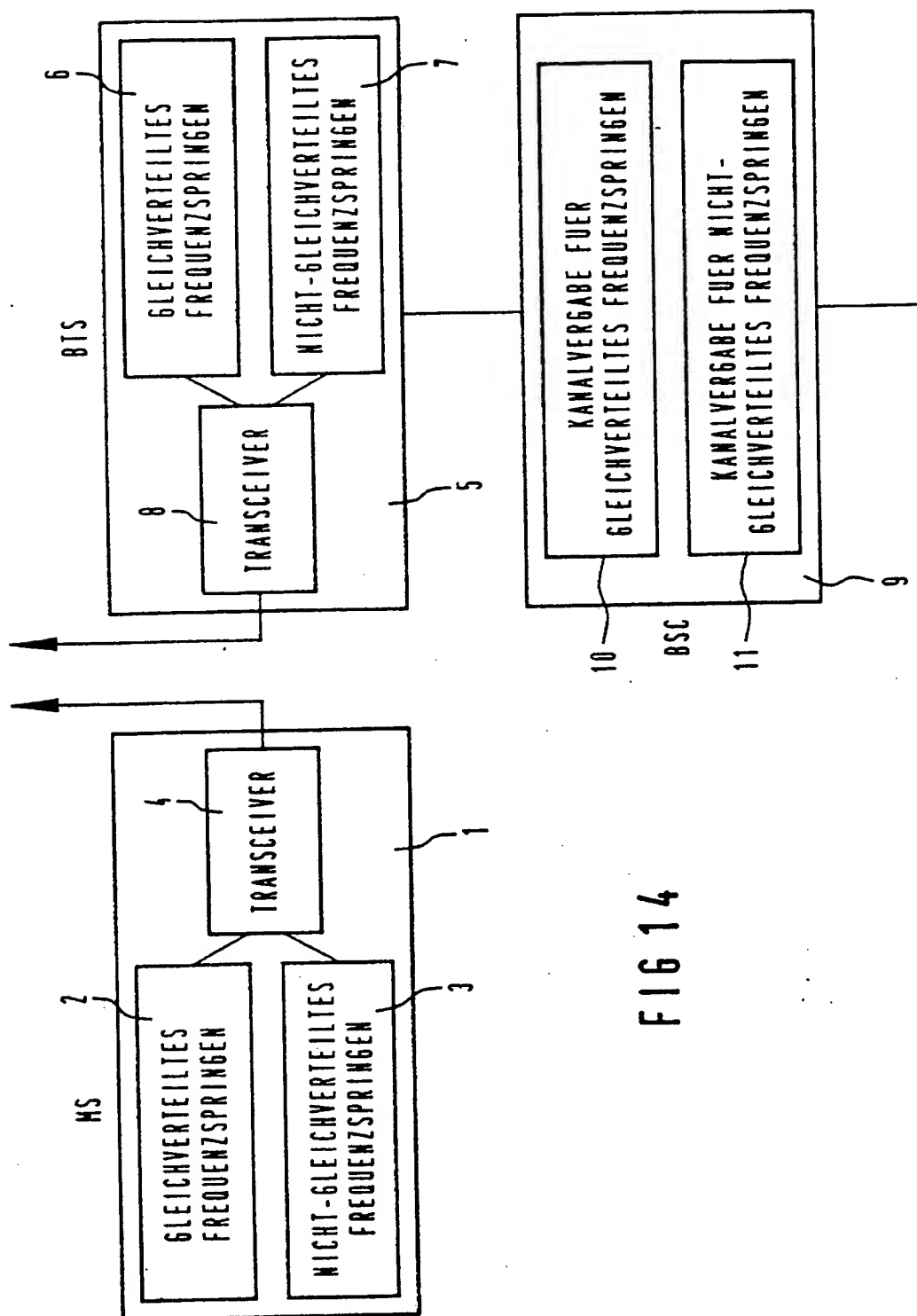


FIG 14